

## Открытые стандарты для беспилотного вождения

Автомобильная индустрия, традиционно в числе первых применяющая достижения эпохи цифровой трансформации, вплотную подошла к широкому внедрению беспилотных технологий. Однако на пути создания безопасных, полностью автоматизированных беспилотных систем управления автотранспортом предстоит решить еще ряд важных задач. Одна из них – применение открытых стандартов для моделирования виртуальных дорог. Виртуальное тестирование имеет важнейшее значение при разработке автономных автомобилей (рис. 1), поскольку для обеспечения требований стандарта безопасности SAE пятого уровня автономности транспортных средств автономная система должна самостоятельно пройти реальные дорожные испытания или миллиарды виртуальных километров. При этом модель дорожной сети является необходимой частью любой виртуальной испытательной среды, с помощью которой получают данные о пробеге по виртуальным дорогам, которые могут использоваться различными симуляторами вождения.

### **Данные о дорожной сети – узкое место в развитии автономного вождения**

Для обучения алгоритмов автономного вождения восприятию и планированию маршрута используются несколько коммерческих и открытых сред моделирования автомобилей. Общей для них является необходимость создания карт дорожной сети высокого разрешения (HD-карты). Разработчикам и кон-



Рис. 1. Виртуальное тестирование автономных транспортных средств

структорам автономных систем требуются особо точные карты дорог (с детализацией до сантиметров), обеспечивающие ключевые навигационные данные для автономных машин. Такая точность необходима, чтобы системы могли принимать решения в режиме реального времени в сложных дорожных ситуациях, например при движении в центральных городских районах. Поэтому HD-карты становятся важнейшим элементом процесса разработки автономных автомобилей. Помимо использования их в качестве входных данных для автономной навигации HD-карты и данные дорожной сети также широко применяются для проверки в процессе моделирования самих автономных транспортных средств, что требует для обеспечения безопасности достижения в виртуальных испытаниях пробега в миллиарды километров пути.

Еще в 2016 году на Парижском автосалоне Акио Тойода, президент

и внук основателя Toyota, отмечал: “Автономное вождение может обеспечить возможность передвижения тем, кому оно иначе недоступно, например пожилым людям и людям с особыми потребностями. По оценкам экспертов, для надежного решения этой задачи требуется около 14 миллиардов километров испытаний, в том числе виртуальных”.

Так, технический директор компании Waymo Дмитрий Долгов делится подробностями опытных испытаний: “В Waymo мы проехали более 16 миллионов километров по реальным дорогам и более 16 миллиардов километров по виртуальным. В обоих случаях очевидно, что накопленный пробег напрямую зависит от степени зрелости и возможностей вашей системы”. В отношении средств виртуального моделирования он отметил: “Хороший и мощный симулятор должен отвечать двум важным критериям. Один из них – достоверность, то есть то, насколько хорошо его ме-

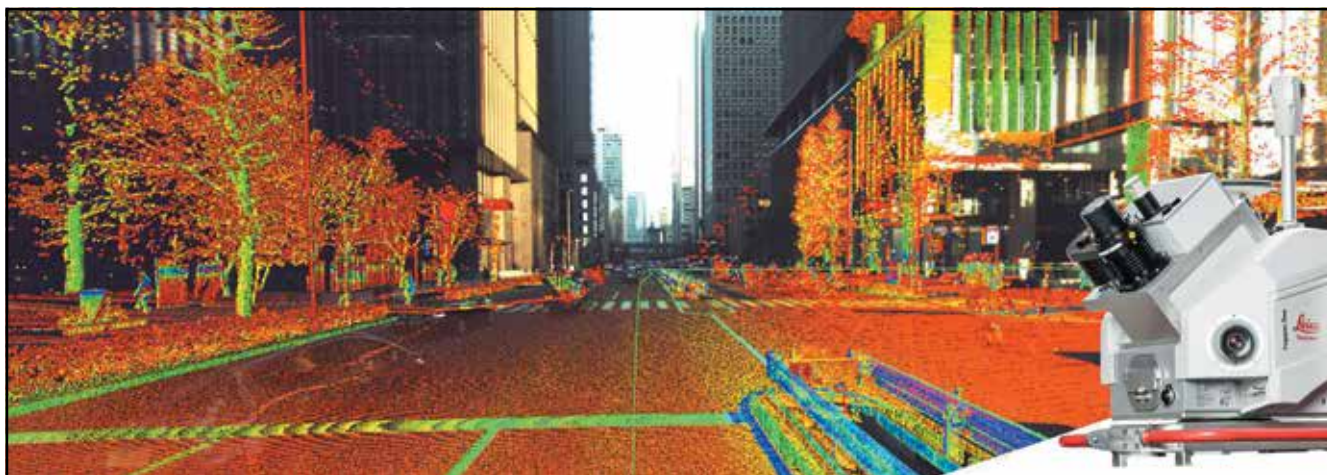


Рис. 2. Генерация HD-карты на основе отсканированного высококачественного изображения реальности

ханика и возможности детализации воспроизводят условия реального мира. Второй – возможности масштабирования”.

Реалистичность воспроизведения реального мира в трехмерной среде повышает точность моделирования автономных автомобилей и делает результаты виртуальных испытаний более достоверными. Точная дорожная сеть, являющаяся критически важной частью трехмерной среды моделирования, определяет то, какое пространство, когда и при каких условиях может занимать транспортное средство на каждой из полос движения. Помимо самой дороги не менее важно ее непосредственное окружение, которое называют “обустройством дороги”. В это понятие входят деревья и кусты, которые могут мешать обзору дорожных знаков, пешеходы, которые могут покидать тротуары и внезапно переходить улицу, здания

на обочине, отбрасывающие тень на дорогу или снижающие точность GPS-навигации. Все эти элементы необходимо географически реалистично моделировать, сочетая дорожные данные и обустройство дороги, чтобы правильно определить среду, в которой происходит действие.

Как правило, для воспроизведения реалистичных дорожных данных требуется произвести сканирование дороги и затем обработать и сохранить полученную информацию в формате, который может читать программная среда для моделирования (рис. 2). Сейчас имеется множество форматов и нормативных документов, описывающих дороги и их окружение, и производителям средств автономного вождения нет необходимости тратить ресурсы на создание специальных инструментов для чтения и преобразования этих данных для возможности их использования различ-

ными программными решениями. Технологические отрасли стремятся к максимальной совместимости циркулирующих в них данных, поскольку практика показывает, что существование несовместимых форматов входных данных не позволяет компаниям эффективно использовать свои конкурентные преимущества. В любых отраслях полезнее направлять ресурсы на решение неотложных и насущных проблем, а не на узкие места технического характера, в автомобильной индустрии, например, такие проблемы связаны с механикой и обучением искусственного интеллекта действиям за рулем (рис. 3).

## Движение за открытые стандарты

Открытые стандарты – это общий термин для трех инициатив по стандартизации описания и



Рис. 3. Реалистичная трехмерная среда – ключ к обучению и валидации алгоритмов беспилотного вождения



Рис. 4. OpenDRIVE – открытый формат файлов для логического описания дорожной сети

форматирования дорожных данных: OpenDRIVE, OpenCRG и OpenSCENARIO, которые начали развиваться в отрасли стихийно, на уровне исполнителей. Первый, общедоступный с 2006 года открытый стандарт OpenDRIVE в дальнейшем по мере развития отрасли расширялся за счет включения в него стандартов OpenCRG и OpenSCENARIO. OpenDRIVE – это открытый формат файлов для логического описания дорожных сетей, OpenCRG предназначен для описания дорожного покрытия, а OpenSCENARIO описывает поведение участников движения в моделируемой дорожной среде и динамику самой среды (работу светофоров, изменения погоды и проч.). Открытые стандарты универсальны и доступны бесплатно без каких-либо обязательств пользователей. Обновление и сопровождение этих стандартов и их активов изначально осуществлялось компанией VIRES Simulationstechnologie GmbH, Германия (VIRES), которая теперь является частью Hexagon и MSC Software. В ноябре 2018 года активы и обслуживание данных стандартов были переданы Ассоциации стандартизации в области автомобильных и измерительных систем (ASAM) – международной организации по стандартизации со штаб-квартирой в Германии.

## OpenDRIVE

Стандарт OpenDRIVE был выпущен в январе 2006 года в связи с необходимостью масштабирования и расширения возможностей моделирования дорожных сетей (рис. 4).

OpenDRIVE разработан на основе формата описания дорог DRIVE корпорации Daimler. DRIVE определяет аналитическое описание дорог, которое легко масштабируется с учетом точности, необходимой для различных сценариев использования. DRIVE был лучше других форматов, в которых использовались мозаичные описания (сегменты линий), поскольку они не масштабировались и не могли отображаться за пределами определенного разрешения. OpenDRIVE был первым открытым форматом, в котором задавалось логическое описание дорог и дорожных сетей в трехмерной среде. Инициаторами разработки OpenDRIVE стали пять компаний, в том числе VIRES, Daimler и Немецкий аэрокосмический центр (DLR). DLR привнес в проект свой картографический и геопространственный опыт, а Daimler предоставил один из самых продвинутых в то время в отрасли симуляторов вождения. Большая польза стандарта OpenDRIVE состоит в том, что этот формат появился, когда на симуляторах вождения стали исследовать динамику автомобиля и эргономику места для водителя. Существенной инженерной проблемой в то время была неэффективная настройка среды моделирования для каждого нового клиента в автомобильной отрасли, требующая полного цикла разработки спецификаций, прототипов, испытаний и проверки. С расширением систем автономного вождения объем таких испытаний резко возрос.

Основатель VIRES Мариус Дюпюи так объясняет проблемы, возникавшие у поставщиков про-

граммного обеспечения: “Наше программное обеспечение приходилось корректировать под каждого нового клиента, потому что у всех был собственный формат для описания дорог и дорожных сетей. В худшем случае мы никогда раньше и не слышали об их формате. Если их формат не был хорошо описан или документирован, приходилось его корректировать. Если нам требовалось повторно использовать хотя бы часть базы данных, приходилось переделывать всю реализацию логического описания дороги”.

В группе разработчиков OpenDRIVE компания VIRES взяла на себя ответственность за обновление и поддержку стандартов, чтобы у проекта был понятный владелец. Первоначально в отрасли были сомнения, будет ли OpenDRIVE открытым в качестве бесплатного сервиса для сообщества, поскольку в целях эффективности управление платформой должно быть передано компании VIRES. Однако по мере удовлетворения запросов отрасли к OpenDRIVE стандарт начал получать одобрение в сообществе. Признание на рынке пришло, когда компания Baidu разработала OpenDRIVE-диалект в качестве стандарта для своего проекта Apollo (рис. 5). Обсуждение того, должны ли дополнительные элементы Baidu стать частью стандарта OpenDRIVE, продолжается до настоящего времени, отражая эволюцию отрасли. Если в начальных редакциях OpenDRIVE были описаны отдельные дороги и перекрестки, типичные для дорожных сетей, то актуальная версия включает возможность более детального описания дорожных сетей на основе измеряемых данных, таких как дорожные знаки с шаблоном шума и особенностями отображения.

## OpenCRG

Стандарт OpenCRG (Curved Regular Grid – регулярная криволинейная сетка) был разработан позднее OpenDRIVE для описания поверхности дороги (рис. 6). В нем используются скалярные значения (например, возвышение, температура или коэффициент трения) в сетке.



Рис. 5. OpenDRIVE используется в проекте Apollo компании Baidu

Обычно их используют для описания контакта шины с дорогой в моделях динамики автомобиля. После выпуска OpenDRIVE в Daimler сочли перспективной идею преобразовать собственную модель CRG в открытый стандарт, поскольку в этой области уже возникали аналогичные проблемы с разными форматами. Через два года после опубликования OpenDRIVE Рабочая группа автопроизводителей по шинам из Германии, заинтересованная в получении свободно используемых стандартных дескрипторов для описания контакта шины с дорогой, сделала заказ компании VIRES на создание программного обеспечения с открытым исходным кодом для преобразования CRG в стандарт OpenCRG. Как и при выпуске OpenDRIVE, компания VIRES учредила web-сайт и репозиторий для OpenCRG. После тестирования Рабочей группой и утверждения OpenCRG стал доступен как открытый стандарт. OpenDRIVE и OpenCRG взаимосвязаны, что позволяет любому пользователю описывать любые части дорожной сети с конкретными свойствами дорожного покрытия (бульварная мостовая, выбоины или "лежачие полицейские").

## OpenSCENARIO

Стандарт OpenSCENARIO – это новейшее дополнение к набору открытых стандартов, которое активно разрабатывается ASAM. Первоначально он был запущен крупными игроками в области моделирования, такими как Daimler, Porsche и DLR.

Аналогично тому как потребности рынка определили развитие стандарта OpenDRIVE, к появлению OpenSCENARIO привела необходимость стандартизации сценариев для создания виртуальных сред тестирования (рис. 7).



Рис. 6. Описание поверхности дороги в формате OpenCRG в VIRES VTD



Рис. 7. Виртуальный сценарий, созданный в стандарте OpenSCENARIO

Мариус Дююи вспоминает: «Интересно, что при запуске OpenDRIVE в 2006 году мы также зарегистрировали web-домен для OpenSCENARIO. Сайт существовал, но не работал, потому что тогда идея стандарта казалась нам слишком сложной для реализации. У каждого были свои инструменты моделирования и разные методы и подходы к расчетам. И мы решили: "Сначала посмотрим, как работает описание дорог, потом – как работает описание поверхности дороги". А десять лет спустя, в 2016 году, когда в отрасли началось обсуждение стандартизации сценариев, мы сказали: "Вот вам web-сайт. Мы предвидели будущее!"»

Стандартизация сценариев является более сложной задачей, чем согласование описания дорог с помощью стандарта OpenDRIVE, при котором наличие стандартных элементов описания дорог обеспечи-



Рис. 8. VIRES VTD полностью удовлетворяет всем требованиям стандартов для виртуальных испытаний

ваит простоту процедуры проверки состава дороги посредством простого запроса. Описать сценарий не так легко, поскольку все элементы сценария требуется определить и согласовать до начала проекта. И сложнее всего описать в сценарии поведение водителя при вождении, например при смене полосы движения или полном торможении на полосе, когда требуется приложить определенный крутящий момент к рулю. При моделировании беспилотного вождения задача еще больше усложняется, так как простого разбиения сценария на части с описанием компонентов или поведения водителей в этом случае недостаточно. В этой связи основатель компании VIRES Мариус Дюююи разъясняет: “Модель вождения невозможно свести к цельным блокам, таким как

фиксированные элементы в окружении, поэтому получение нужной точности описания сценария достичь не так просто. Сейчас, если выполняется действие на полной скорости, например такое, как идеальное квадратичное торможение, правильно рассчитать остановку автомобиля можно только с определенной погрешностью относительно результата по умолчанию”.

## Заключение

При автономном вождении данные дорожной сети – это необходимость, и их следует создавать и передавать в общепринятом формате, но практика показывает, что это происходит не всегда. Наличие общеотраслевых стандартов для производителей упрощает процесс

тестирования и повышения качества беспилотных автомобилей, позволяя не тратить драгоценное время и ресурсы на работу с форматами и преобразование дорожных данных, полученных в результате виртуальных испытаний в миллиарды километров. Производители автономных транспортных средств при формировании технического задания для оценки различных поставщиков все чаще ориентируются на соответствие их решений открытым стандартам, поскольку они отдают предпочтение гибкости и совместимости в противовес проприетарности и эксклюзивности. Наличие общедоступного нейтрального открытого стандарта, созданного при участии представителей отрасли и для ее обслуживания, имеет важное значение в достижении пятого уровня автономности транспортных средств в ближайшем будущем. Являясь одним из пионеров открытых стандартов, программное обеспечение VIRES Virtual Test Drive (VTD) от Hexagon и MSC Software удовлетворяет всем требованиям для виртуального тестирования беспилотного движения (рис. 8).

**OpenDRIVE** – де-факто стандарт для описания геометрических и логических свойств дорожных сетей в симуляторах вождения. Управляется командой профессионалов в области моделирования, геодезии и навигации (<http://www.opendrive.org/>)

**OpenCRG** – инициатива, запущенная в 2008 году с целью предоставления ряда открытых файловых форматов и инструментов с открытым исходным кодом для подробного описания, создания и оценки дорожных покрытий. Стандарт подходит для широкого спектра применений, включая, например, описание характеристик шин и симуляторов вождения (<http://www.opencrg.org/>)

**OpenSCENARIO** – открытый файловый формат для описания динамических данных и сценариев для приложений моделирования вождения. С 2018 года стандарт находится под управлением ASAM (<http://www.openscenario.org/>)

По материалам  
компании MSC Software  
(подразделение Hexagon MI)



## Универсальный ключ к миру виртуального моделирования

**MSCOne — инновационный универсальный комплекс инженерных компьютерных систем моделирования, который позволяет специалистам беспрепятственно и с минимальными первоначальными вложениями получать доступ ко всем CAE-комплексам MSC Software благодаря специальной жетонной системе лицензирования**

### Преимущества MSCOne:

- **Ускорение внедрения инновационных решений** на основе средств компьютерного моделирования, которые недоступны в других типах лицензий
- **Повышение производительности** за счет системы лицензирования, позволяющей создавать гибкую рабочую среду
- **Уменьшение финансовых рисков** путем оперативного увеличения или уменьшения количества жетонов согласно текущим потребностям
- **Снижение затрат** посредством обеспечения доступа к редко используемым системам, приобретение которых сложно обосновать при обычной системе лицензирования, и консолидация инженерного программного обеспечения для максимально эффективного использования ресурсов, особенно в случае ограниченного бюджета

**Подробнее об универсальной инновационной системе лицензирования MSCOne**

[www.mscsoftware.com/ru/product/msccone](http://www.mscsoftware.com/ru/product/msccone)